

B-12

主筋と PC 鋼材の付着が PC 梁のせん断抵抗機構に及ぼす影響に関する実験的研究

その3 せん断耐力に対する検討

Experimental Study on the Influence of Surrender of Main Bars on Shear Strength of PC Beams.

Part3 Study on the shear ultimate strength

○石井誠士<sup>1</sup>, 斉田健志<sup>1</sup>, 榎本憲継<sup>1</sup>, 福井剛<sup>2</sup>, 浜原正行<sup>2</sup>

\*Seiji Ishii<sup>1</sup>, Kensi Saita<sup>1</sup>, Noritsugu Enomoto<sup>1</sup>, Tsuyoshi Fukui<sup>2</sup>, Masayuki Hahara<sup>2</sup>

Abstract: In this report, we investigated the maximum yield strength obtained by the experiment described in the previous report (part 2), and estimated the shear strength of PC beams to be evaluable regardless of the presence or absence of adhesion of PC steel material and the amount of main reinforcement We propose expressions.

1. はじめに

本報告は前報告(その2)で示した実験により得られた最大耐力に対して検討を行い、PC 鋼材の付着の有無、主筋量の多少に関わらず PC 梁のせん断耐力を評価可能な推定式を提案しようとするものである。

2. 検証に用いるせん断耐力の評価式

せん断耐力の評価には、PC 規準式<sup>1)</sup>と提案式を用いる。以下に両式を示す。

2. 1 PC 規準式

$$Q_{su} = b \cdot j_r \cdot p_w \cdot w \cdot f_y + \frac{b \cdot D}{2} (\nu \cdot \sigma_B - 2 p_w \cdot w \cdot f_y) \tan \theta \dots \dots (1)$$

$$\tan \theta = \sqrt{(2M/QD)^2 + 1} - (2M/QD)$$

$$\nu = \alpha \cdot L_r (1 + \eta_g), \quad \alpha = \sqrt{60/F_c}, \quad L_r = M/(2QD)$$

ただし、 $1 \geq \nu \geq 0.65$      $\alpha \leq 1$      $L_r \leq 1$

2. 2 本研究による提案式

この式は、せん断補強筋比  $p_w$  が(3)式で表される臨界せん断補強筋比  $p_{wr}$  以上の場合に主筋の降伏がせん断補強筋の降伏に先行すること、このときに PC 鋼材に付着があれば PC 鋼材によりトラス機構が構成されることを想定して以下の場合分けを行ったものである。ここで、丸棒 PC 鋼棒は付着が無いものと仮定した。

$$Q_w = b \cdot \{ p_w \cdot (j_r - j_p) + p_{wp} \cdot j_p \} \cdot \sigma_{wy} \cdot \cot \phi$$

$$p_{wr} = 2T_y / (w \cdot f_y \cdot b \cdot L \cot \phi)$$

ただし、 $p_w > p_{wr} \Rightarrow p_{wr} = p_w$

丸棒 PC 鋼棒を使用する場合:  $p_{wp} = 0, \quad j_p = 0$

異形 PC 鋼棒またはストランドを使用する場合:  $p_{wp} = p_w$

$$\cot \phi = \min(A, B, C) \dots \dots (4)$$

$$A = (\nu_0 / \nu) \cdot (2 - 3\eta_0) \dots \dots (5a)$$

$$B = j_r / (D \cdot \tan \theta) \dots \dots (5b)$$

$$C = \sqrt{\nu \cdot \sigma_B / (p_w \cdot w \cdot f_y)} - 1 \dots \dots (5c)$$

ただし、 $\cot \phi \geq 1$

$$p_w \cdot w \cdot f_y \leq \nu \cdot \sigma_B / 2 \text{ かつ } w \cdot f_y \leq 125 \cdot (\nu_0 / \nu) \sqrt{\nu_0 \sigma_B}$$

$$\nu = \nu + 2 \cdot \eta_g \leq 1, \quad \nu_0 = 1.7 \cdot (1 + 2\eta_0) \cdot \sigma_B^{-1/3}$$

$j_r, j_p$ : 主筋間距離, PC 鋼材間距離

$p_w > p_{wr}$  かつ丸棒 PC 鋼棒を用いた場合

$$C = \nu \cdot L_1 / 4q \cdot (\sqrt{1 - (4q/\nu \cdot L_1)^2} + 1)$$

$q$ : 普通鉄筋の鋼材係数,  $L_1 = L/D$ ,  $\eta_g$ : プレストレスレベル

2. 3 アーチ機構によるせん断力

アーチ機構による負担せん断力は、部材を対角方向に結ぶ圧縮ストラットに生じる圧縮力の鉛直方向成分である。アーチ機構による負担せん断力は(6)式によって表せる。

$$Q_a = \frac{b \cdot D}{2} \cdot \sigma_a \cdot \tan \theta$$

$$\sigma_a = \nu \cdot F_c - \sigma_c$$

$p_w > p_{wr}$ : 丸鋼 PC 鋼棒を用いた場合  $\sigma_c = p_{wr} \cdot w \cdot f_y / \sin^2 \phi$

それ以外の場合  $\sigma_c = p_w \cdot w \cdot f_y / \sin^2 \phi$

ここに、 $\tan \theta = \sqrt{(L_1)^2 + 1} - L_1$

$$\nu = 1.7(1 + 2\eta_0) \cdot F_c^{-1/3} + 2\eta_g$$

3. 最大耐力と計算値の比較

ここでは、最大耐力に対する PC 規準式と提案式の適合性を検証する。Table1 に PC 規準式と提案式の実験値に対する計算精度を示す。

Table1. Calculation accuracy of PC standard expression and proposed expression

試験体名	$p_w$ (%)	実験値 $Q_u$ (kN)	PC規準式		提案式	
			$Q_{su}$ (kN)	実/計	$Q_{su}$ (kN)	実/計
D1	0.32	260.7	276.0	0.94	244.3	1.07
D2	0.91	334.0	437.2	0.76	329.8	1.01
D3	0.32	406.3	447.8	0.91	407.6	1.00
R1	0.32	269.6	274.1	0.98	217.8	1.24
R2	0.91	279.9	435.2	0.64	217.8	1.28
R3	0.32	429.5	447.8	0.96	407.6	1.05

Fig1 は、縦軸に PC 規準式と提案式の計算精度、横軸にせん断補強筋比  $p_w$  を取り実験結果をプロットしたものである。

<sup>1</sup> 日本大学大学院 <sup>2</sup> 日本大学理工学部

Fig1(a)より、PC 規準式は  $p_w$  の増加に伴い最大耐力を過大評価する傾向がある。この傾向は丸棒 PC 鋼棒を用いた R1,R2 試験体で顕著である。一方、Fig1(b)の提案式は PC 規準式で見られた系統的な誤差が改善されていることがわかる。計算誤差は 0.96~1.14 となり PC 鋼材種類と  $p_w$  の大きさに関わらず比較的精度良く最大耐力を評価していることが分かる。

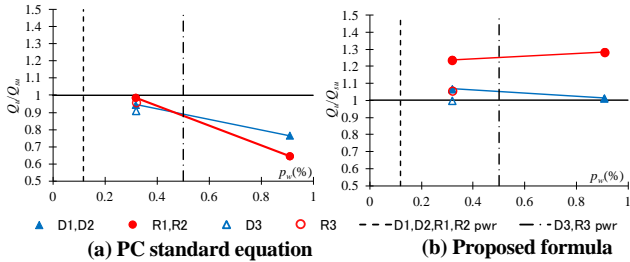


Figure1. Calculation accuracy of PC standard

expression and proposed expression

4. 最大耐力時における鋼材ひずみ

主筋ひずみ分布

Fig2 は最大耐力時における各試験体の上段主筋ひずみ分布を示したものである。主筋に D13 を用いた D1,D2,R1,R2 試験体では、主筋が梁両端部で降伏している。主筋に D19 を用いた D3,R3 試験体の主筋は、引張側はほぼ降伏ひずみとなっているが、圧縮側は未降伏である。

PC 鋼材ひずみ分布

Fig3 は最大耐力時における各試験体の上段 PC 鋼材ひずみ分布を示したものである。R シリーズと D3 試験体の 4 体と D1,D2 試験体の 2 体を比べると、D1,D2 の方がひずみ勾配が大きいことから PC 鋼材に大きな付着応力が生じていることが分かる。D3 試験体は、異形 PC 鋼材を用いているが生じているが、付着応力は丸棒 PC 鋼棒を用いた R シリーズと大差ないことがわかる。

せん断補強筋ひずみ分布

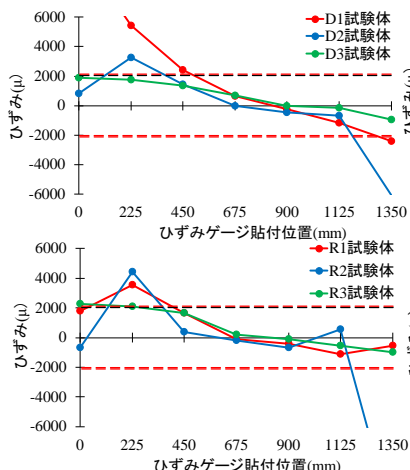


Figure2. Main stem strain distribution

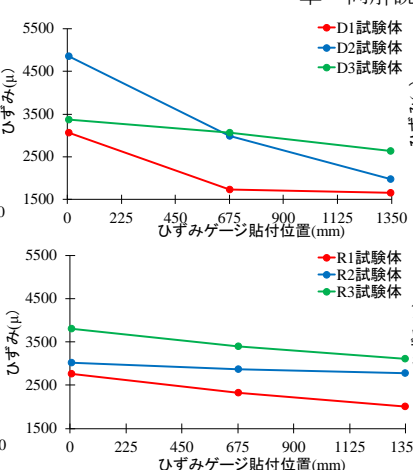


Figure3. PC steel strain distribution

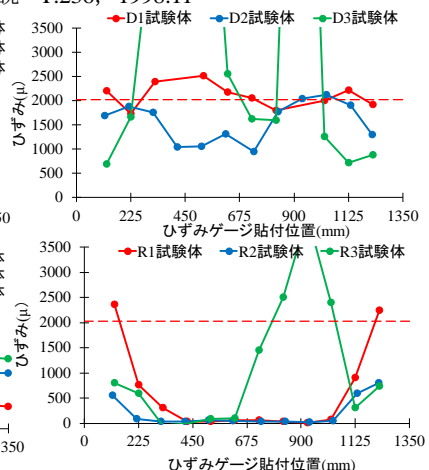


Figure4. Shear reinforcement strain distribution

Fig4 は最大耐力時における各試験体のせん断補強筋ひずみ分布を示したものである。D シリーズと R3 試験体のせん断補強筋は降伏している。R1 試験体のせん断補強筋はコンクリートの圧壊により端部で降伏している。R2 試験体は降伏しなかった。

D3,R3 試験体は、せん断補強筋は降伏、主筋はほぼ未降伏であり PC 鋼棒の付着応力が小さかったことから、主筋によってトラス機構が構成されたと考えられる。

D1,D2 試験体は、主筋が降伏していることと PC 鋼材の付着応力が大きいことから、主筋ではトラス機構が十分に構成されず、軸方向力の不足分が PC 鋼材によって補われてトラス機構が構成されていると考えられる。

R1,R2 試験体は、主筋がせん断補強筋に先行して降伏している。前述のように PC 鋼棒の付着応力が小さかったために、両試験体ともにせん断補強筋が降伏せずトラス機構が十分に構成されていない。R1 試験体と R2 試験体の最大耐力に差が見られなかったのは、これが原因であると考えられる。

5. まとめ

PC 規準式と提案式の最大耐力の実験結果に対する適合性について検討した。PC 規準式は PC 鋼材の種類に関わらず、せん断補強筋比が大きくなると最大耐力を過大する傾向が見られたが、提案式は、せん断補強筋比の値に関わらず精度良く最大耐力を評価できることを示した。せん断補強筋比が臨界せん断補強筋比未満の D3, R3 試験体は主筋のみでトラス機構が構成されていた。一方、せん断補強筋比が臨界せん断補強筋比以上の試験体の内 D1,D2 試験体では、せん断補強筋に先行して主筋が降伏した後に異形 PC 鋼棒の付着応力によりトラス機構を構成してせん断耐力を負担していた。

参考文献

- 1) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規

準・同解説 P.236, 1998.11